



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**NÁVRH KONSTRUKCE ODSÁVACÍHO STOLU PRO
UNIVERZÁLNÍ POUŽITÍ**

DESIGN OF THE EXHAUSTION TABLE FOR UNIVERSAL USES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Kryštof Vrbský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Štroner, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Kryštof Vrbský**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Marek Štroner, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh konstrukce odsávacího stolu pro univerzální použití

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpracování odsávacího stolu pro dané použití a jeho implementace do výrobních prostorů podniku s cílem zlepšit ergonomii pracoviště.

Cíle bakalářské práce:

1. Určení vhodného typu odsávacího stolu dle druhu odsávaného prachu.
2. Návrh vhodného stolu pro odsání požadovaného množství vzduchu.
3. Kompletní zpracování stolu včetně výkresové dokumentace.
4. Propočet nákladů na výrobu stolu a zhodnocení, zlepšení ovzduší v prostoru výrobního podniku, před a po instalaci stolu.

Seznam doporučené literatury:

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: technologické projekty I. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.

HLAVENKA, Bohumil. Manipulace s materiálem: systémy a prostředky manipulace s materiálem. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-214-3607-7.

RUMÍŠEK, Pavel. Technologické projekty. Brno: Vysoké učení technické, 1991.

KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. Technologické projekty a manipulace s materiálem. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-214-5260-2.

SAMEK, Jaroslav. Modely optimálního rozmístění výroby. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989.

ZELENKA, Antonín. Projektování výrobních procesů a systémů. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03912-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

.....
prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

.....
doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

VRBSKÝ Kryštof: Návrh konstrukce odsávacího stolu pro univerzální použití

V bakalářské práci jsou tři základní důležité kategorie odsávacích stolů s důrazem na jejich univerzálnost. Tyto kategorie obsahují vždy jednoho hlavního představitele odsávacího stolu a několik dalších obdobných variant konstrukcí. Ke každému z hlavních zástupců odsávacích stolů jsou provedeny potřebné výpočty a zkontrolována tak jejich správná funkce. V praktické části práce je projekt pro realizaci dvojice odsávacích stolů do provozu svařovny a provedeno jejich ekonomické zhodnocení.

Klíčová slova: Odsávací stůl, svařování, broušení, odsávací digestoř

ABSTRACT

In the bachelor thesis there are three basic categories of exhaustion tables with emphasis on their universality. These categories include one main type of the exhaustion table and several other similar variants of designs. Each of the main exhaustion tables of these three categories perform the necessary calculations and control of their correct function. The project for the implementation of a pair of exhaustion tables for the operation of the welding plant and their economic evaluation are described in the practical part.

Keywords: Exhaustion table, welding, grinding, suction hood

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VRBSKÝ, Kryštof. *Návrh konstrukce odsávacího stolu pro univerzální použití*. Brno, 2017. 36s., 2 výkresy, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Marek Štroner, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh konstrukce odsávacího stolu pro univerzální použití vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 6. 10. 2017

.....
Kryštof Vrbský

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych zde poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Marku Štronerovi, Ph.D. za jeho rady a čas, který mi věnoval při řešení dané problematiky. V neposlední řadě také děkuji všem respondentům, kteří mi poskytli potřebné informace.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD.....	9
1 ZDROJE PRÁŠENÍ.....	10
1.1 Zdroj prášení vzniklý broušením	10
1.2 Zdroj prášení vzniklý svařováním	10
2 DŮVODY K INSTALACI ZAŘÍZENÍ TYPU ODSÁVACÍ STŮL	11
2.1 Hygiena pracovního prostředí.....	11
2.2 Alternativní metody odsávání	12
3 ROZDĚLENÍ UNIVERZÁLNÍCH ODSÁVACÍCH STOLŮ	15
3.1 A) Univerzální stůl pro ruční svařování	16
3.2 B) Univerzální stůl pro broušení.....	19
3.3 C) Univerzální stůl pro svařovací/ brousící roboty.....	24
4 KOMPLEXNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ ODSÁVACÍHO STOLU PRO SVAŘOVNU	28
4.1 Dimenzování odsávacího stolu dle odsávaného výkonu	28
4.2 Vizualizace navrhnutého řešení	31
5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	35
5.1 Určení nákladů na jeden kus pracovního stolu	35
5.2 Stanovení provozních nákladů modelové výrobní haly.....	35
5.3 Celkové zhodnocení investice.....	35
6 ZÁVĚRY	36

Seznam použitých zdrojů

Seznam obrázků

Seznam tabulek

ÚVOD

Práce se bude zabývat návrhem odsávacích stolů pro univerzální použití. Budou rozlišeny tři základní typy odsávacích stolů (s ohledem na druh odsávaného prachu), pro každý z nich bude proveden výpočet počtu nasávacích štěrbin, jejich velikosti, délky a šíře. Bude vyhodnocena využitelnost odsávacích stolů v různých průmyslových aplikacích. Bude vypracován praktický příklad odsávání svařovny s využitím jednoho z navržených odsávacích stolů. Pro tento praktický příklad bude vybrán vhodný typ odsávacího stolu a proveden individuální výpočet odsávací digestoře. Specifikovaný odsávací stůl bude určen pro odsávání požadovaného množství vzduchu potřebného pro správnou funkci odsávání. Bude zohledněna velikost odsávaného pracoviště a počet pracovišť aktivně odsávaných v souběhu. Pro tento provoz bude provedeno i zhodnocení kapacity filtračního zařízení včetně potřebných výpočtů. V práci bude také kladen důraz na důvody k instalaci odsávacích přípravků typu odsávací stůl a jejich porovnání s ostatními možnými metodami odsávání. Pro vybraný stůl použitý v praktickém příkladu bude také zpracována výkresová dokumentace.



Obr. č. 1 Odsávací stůl

1 ZDROJE PRÁŠENÍ

Hlavním důvodem pro instalaci jakéhokoliv typu odsávání je **potřeba eliminovat prašnost** v určitém místě, prostoru, nebo oblasti. Za tímto účelem vznikají různá zařízení sloužící k odsávání, při čemž tato práce se bude nejvíce soustředit na přípravku typu odsávací stůl.

Zdrojem prášení je myšlen zdroj produkující prachové částice. Většinou jsou tyto zdroje doprovodným jevem některé z používaných technologií, například vznes prachových částic při technologii broušení, řezání, či pálení. Ukolem odsávacího přípravku je zachytit a eliminovat zdroj prášení co možná nejbliže jeho vzniku.

Existuje široká škála zdrojů prašnosti, při čemž hlavním rozlišovacím znakem je charakteristika daného prachu. V průmyslové praxi se můžeme často setkat s prachy explozními, jako jsou uhelné, dřevěné, potravinářské atd. Nejpočetnější skupinou prachů ovšem zůstávají prachy bez explozního potenciálu, do této skupiny zapadají i dýmy a pachy.

Nejčastějším zdrojem prachu, se kterým se můžeme setkat při používání odsávacího přípravku typu odsávací stůl jsou prachy vzniklé při broušení a svařování, nebo pálení.

1.1 Zdroj prášení vzniklý broušením [3]

Broušení je dokončovací operace obrábění, kdy odebíráme drobné částičky třísky mnohobřitým nástrojem (brusným kotoučem/pásem), který se otáčí velkou obvodovou rychlostí. Při tomto procesu dochází ke vznesu drobných částiček třísky spolu s brusivem. Tyto částice mají tendenci se usazovat v širokém okruhu od místa broušení. Pro značnou část aplikací broušení jsou odsávací stoly ideální kombinací současného odsávání a vhodného ergonomického pracoviště.

1.2 Zdroj prášení vzniklý svařováním

Při technologii svařování vznikají nebezpečné výpary, jejichž složení je závislé na konkrétní použité technologii. Tyto výpary je třeba odsát dříve, než vystoupají do dýchací zóny pracovníka obsluhy. Za tímto účelem jsou instalovány odsávací přípravky různého druhu. Nejvýhodnější kombinací odsávání s ustavením svařované součásti jsou odsávací stoly, které mohou být vybaveny několika odsávacími přípravky (přepínání horní/spodní digestoř), univerzálními upínky, nebo svařovacími zákryty (instruktážní účely).

2 DŮVODY K INSTALACI ZAŘÍZENÍ TYPU ODSÁVACÍ STŮL

Z výše uvedené kapitoly vyplývají hlavní dvě oblasti využitelnosti odsávacích stolů v praxi. Hlavním důvodem, proč jsou odsávací stoly používány, je skloubení požadavků funkčnosti pracoviště a jeho současného odsávání. Za tímto účelem jsou konstruovány odsávací stoly, které současně naplňují funkci pracoviště a odsávacího zařízení. Díky těmto stolům je zajištěno optimální odsávání, nejvyšší stupeň bezpečnosti a komfort při práci. Odsávání při pracovních úkonech, jako je broušení, nebo svařování je nezbytné z toho důvodu, že musí být zajištěn odtah škodlivých dýmů a výparů, které by jinak negativně působily na zdraví pracovníka vykonávajícího činnost.

Tyto odsávací stoly nejen zlepšují ergonomii pracoviště na hale, ale především chrání zdraví pracovníků. V současnosti je podle legislativních předpisů zakázáno provozovat tato pracoviště bez příslušného odsávání (kapitola 2.1 Hygiena pracovního prostředí).

Velkou výhodou odsávacích stolů a také jedním z důvodů k jejich instalaci je možnost skloubení vhodného pracovního stolu a příslušné šterbinové digestoře. Šterbinové odsávací digestoře jsou umístěny svisle za pracovní deskou stolu a pomocí odsávacích šterbin vytváří směrové proudění v prostoru nad pracovní deskou. Výsledkem je odklonění stoupajícího kouře směrem od pracovníka a odsátí veškeré vzdušiny beze zbytku. V návrhu je nutné počítat s odsávacím výkonem cca 2000 m³/h na 1 metr stolu.

V případě, že se pracovní sestava skládá ze svařovacího robotického ramene umístěného na pracovním stole, který je dále osazen vhodnými upínacími přípravky, jsou využívány odsávací zákryty. Využívají se převážně u svařovacích robotů. Jsou umístěny nad místem svařování. Odsávací zákryty nijak neovlivňují směr svařovacího kouře, kouř do zákrytu volně vystoupá. Odsávací zákryty jsou používány pro zamezení šíření kouře do pracovního prostoru. U ručních pracovišť se jejich použití nedoporučuje, jelikož jejich umístění a smysl nenapomáhá nijak chránit zdraví pracovníka. U speciálních svařovacích robotů se dvěma svařovacími pracovišti je možné instalovat automaticky posuvnou digestoř, která se přesune při změně pracoviště. Tato varianta je ovšem velmi drahá a z toho důvodu není často využívána.

2.1 Hygiena pracovního prostředí [2]

Dle současné legislativy jsou veškerá pracoviště rozdělena do zátěžových stupňů s ohledem na plnění hygienických požadavků. Výsledné rozřazení do jednotlivých skupin udává míru zátěže zdravotního stavu pracovníků. Snahou je docílit co nejnižšího stupně zátěže. Prostředkem pro zlepšení hygienických podmínek na pracovišti se kromě dodržování základních hygienických předpisů může stát například odsávací stůl, který při vhodném použití výrazně ovlivní čistotu ovzduší v pracovních prostorech.

Základní činností oboru v rámci státního zdravotního dozoru je kontrola plnění zákonných povinností v oblasti ochrany zdraví při práci, což jsou zejména požadavky na provedení pracovišť včetně osvětlení, větrání, zajištění vyhovujících mikroklimatických podmínek na pracovišti, dodržování hygienických limitů pro fyzikální faktory, chemické škodliviny a prach v pracovním prostředí, ale i dodržení limitů pro fyzickou zátěž, naplnění ergonomických požadavků pro pracovní místo a pracoviště, dodržování zásad pro práce s biologickými činiteli, vybavení pracovišť sanitárními a pomocnými zařízeními, zásobování pracovišť vodou, ale i zajištění závodní preventivní péče.

Stupeň zátěže 1. – minimální zdravotní riziko

Faktor se při výkonu práce nevyskytuje nebo je zátěž faktorem minimální z hlediska expozice faktoru optimální pracovní podmínky.

Stupeň zátěže 2. – únosná míra zdravotního rizika

Ze zdravotního hlediska je míra zátěže faktorem únosná, úroveň zátěže a faktorů nepřekračuje limity stanovené předpisy (vliv faktoru je akceptovatelný pro zdravého člověka, nelze vyloučit nepříznivý účinek faktoru na zdraví u vnímavých jedinců, tzn. není vždy zaručena plná pracovní pohoda pro všechny pracovníky).

Stupeň zátěže 3. – významná míra zdravotního rizika

Úroveň zátěže překračuje stanovené limitní hodnoty zátěže, na pracovištích je nutná realizace náhradních technických a organizačních opatření.

Charakterizováno:

Na pracovišti jsou pracovní podmínky s nepříznivými vlivy na zdraví a sledované škodliviny překračují přípustné hodnoty.

Zdravotní stav pracovníků je charakterizován tím, že se výjimečně vyskytují nemoci z povolání nebo ohrožení nemoci z povolání.

Stupeň zátěže 4. – vysoká míra zdravotního rizika

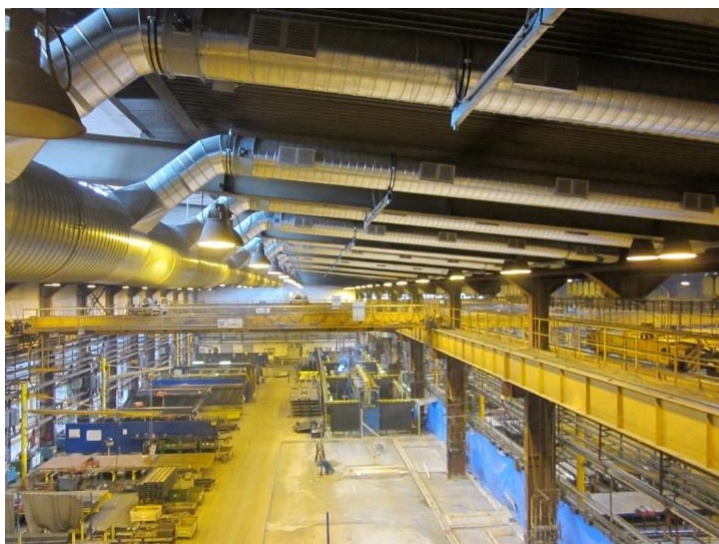
Úroveň zátěže vysoce překračuje stanovené limitní hodnoty expozice, na pracovištích musí být dodržován soubor preventivních opatření. Na pracovišti jsou podmínky s nepříznivým vlivem na zdraví, škodliviny soustavně překračují přípustné hodnoty.

2.2 Alternativní metody odsávání

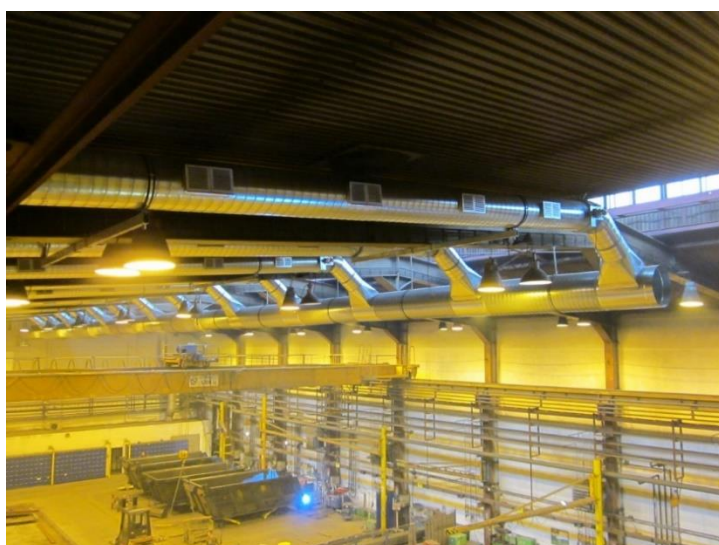
Alternativní metody jsou převážně využívány, jestliže z nějakého důvodu není možné realizovat odsávání pomocí odsávacích stolů.

2.2.1 Podstropní odsávání [1]

Tato metoda je využívána, pokud není možné použít odsávání pomocí odsávacích stolů. Svařované součásti jsou nadměrných rozměrů, nebo se jedná o kusovou výrobu (speciální), v tomto případě je použita metoda podstropního odsávání. Princip metody spočívá v zavěšení páteřových potrubních rozvodů o příslušné dimenzi pod strop výrobní haly. Výhodou tohoto odsávání je nízká míra prostorového zatížení výrobní haly potrubním systémem. Nevýhodou však může být nižší účinnost tohoto systému, jestliže je výrobní hala příliš vysoká, nebo je prostor mezi odsávanými místy a umístěním potrubních rozvodů narušen jinými vlivy (otevřené dveře haly v letním období – přísávání). Dalším limitujícím faktorem pro využití podstropního odsávání mohou být netěsnosti výrobní haly v podobně fugitivních emisí. Pod pojmem fugitivní emise si můžeme představit vnášení znečišťujících látek do prostředí, kdy nelze měřením určit všechny veličiny nutné k výpočtu hmotnostního toku. Tento pojem zahrnuje zejména emise znečišťujících látek uvolňované okny, dveřmi, větracími průduchy a podobnými otvory, netěsnostmi rozvodů a armatur. Použitelnost podstropního odsávání je omezena na provozy svařoven, kde horký dým spolu s prachovými částicemi má tendenci stoupat vzhůru. V tomto případě jsou prachové částice zachyceny odsávacím systémem před zchladnutím a dopadením na zem. V případě studených prachů je tento benefit eliminován a účinnost podstropního odsávání je značně snížena.



Obr. č. 2 Instalace podstropního odsávání výrobního podniku F. X. Meiller



Obr. č. 3 Detail potrubního rozvodu včetně nasávacích mřížek



Obr. č. 4 Celkový pohled na odsávací větev ve společnosti F. X. Meiller

2.2.2 PUSH – PULL systém

Na podobném principu jako předchozí podstropní odsávání je založena metoda PUSH – PULL. Tato metoda najde své uplatnění především tam, kde nelze použít žádný jiný z odsávacích přípravků. Systém pracuje se vzdušninou vzniklou svařováním, která volně vystoupá do prostoru pod stropem. Systém PUSH – PULL zajišťuje tzv. nehromadění kouře v hale (pročišťování vzduchu v hale). Vzhledem k umístění odsávacích větví (pod stropem haly) systém ovšem nezajišťuje ochranu pracovníků (stoupající kužely kouře procházejí nejprve kolem dýchací zóny pracovníka a až následně jsou odsáty). Systém PUSH – PULL bývá využíván u svařování rozměrných konstrukcí (podvozků, členitých konstrukcí atd.).

2.2.3 Odsávací ramena

Odsávacím ramenem se rozumí prvek odsávání, kdy z pevného bodu je natažena manipulovatelná hadice zakončená nasávací hubicí, jež je uložena na polohovatelném rameni. Myšlenka tohoto zařízení splňuje podmínku odsávat co nejbližší u zdroje prášení, v mnoha případech je však narušena vlivem lidského faktoru. Nespolehlivost lidského faktoru se prokázala v řadě různých provozů, kdy častá manipulace a pohodlnost pracovníků vede ke skutečnosti, že odsávací rameno je odstaveno mimo výrobní proces, nebo není vůbec využíváno. Proto tuto metodu není vhodné používat v provozech, kde lze zajistit odsávání pomocí odsávacích stolů.



Obr. č. 5 Odsávací rameno připojené na patronový filtr v prostorách společnosti EDP

3 ROZDĚLENÍ UNIVERZÁLNÍCH ODSÁVACÍCH STOLŮ

V různých typech průmyslových provozů rozlišujeme několik typů prachů. Podle typu prachu a aplikace, které jsou odsávány, je navržena konstrukce a smysl odsávacího stolu.

Vzhledem k této různorodosti průmyslových provozů, ve kterých mohou být využity odsávací stoly, je prakticky nemožné sestavit jeden univerzální stůl, který by vyhovoval do všech provozů.

Z toho důvodu byla navržena trojice odsávacích stolů reprezentující různé využití s důrazem na zachování jejich univerzálnosti.

- **Stoly pro svařovny**

Pro provozy typu svařovna bylo navrženo několik variant odsávacího přípravku typu odsávací stůl. Vzhledem k různorodosti svařovaných dílců nelze využít jeden typ nebo velikost odsávacího stolu. I přesto je snahou výrobců odsávacích stolů vytvořit co možná nejvíce univerzální stůl.

- **Popis provozu svařovny**

Svařovnou rozumíme dílnu, nebo boxy určené pro svařování. Velikost svařovny je ovlivněna výsledným produktem. Dnes se můžeme setkat se svařovnami pro velké svařence (například svařované konstrukce autobusů, vlaků a lodí), nebo svařování malých dílů (například rámy kol, potrubí, armatury). V současné době musí být každá svařovna vybavena odsávacím systémem. Velká většina svařoven, jako odsávací přípravek používá odsávací stoly, které kombinují vlastnosti ergonomického pracoviště spolu s bezpečnou prací.

- **Stoly pro brusírny**

Odsávací stoly určené do provozu brusíren se svojí konstrukcí nějak výrazně neliší od stolů pro svařovny. Základním rozdílem mezi těmito odsávacími přípravky je soustředění odsávacího výkonu. Odsávací výkon pro stoly do brusíren je soustředěn na spodní odsávání a ve většině případů není třeba užití horních digestoří. Důvodem jsou těžké prachové částice uvolňující se při broušení, které mají díky gravitační síle tendenci klesat na rozdíl od lehkých výparů při svařování, které jsou svojí teplotou hnány vzhůru.

- **Popis provozu brusírny**

V průmyslové vzduchotechnice se nejčastěji potkáme s provozy typu brusírna zpracovávající rozměrově větší součásti. Jako brusné medium bývá velmi často využit hrubozrnný brusný kotouč. Brusky, které obsáhnou součásti menších rozměrů jsou většinou vybaveny odsáváním přímo od výrobce, a proto nejsou průmyslovou vzduchotechnikou řešeny.

3.1 A) Univerzální stůl pro ruční svařování

Při návrhu univerzálního stolu pro svařování byla použita kombinace roštové pracovní desky s výpadem do sběrné nádoby (bez spodního odsávání) a štěrbinové odsávací digestoře umístěné svisle k pracovní desce. Podle požadavku společnosti Eko-Šimko byl tento stůl navrhnout pro odsávací výkon 5 500 m³/h. Z hodnoty požadovaného množství odsávacího výkonu jsou dále na základě výpočtu stanoveny rozměry odsávací digestoře a příslušné pracovní desky.

Vzorec pro ověření vstupní rychlost sání digestoře:

$$v_v = \frac{V}{k \cdot p_{\text{štěrbin}} \cdot d \cdot s} = 8 - 10 \text{ m/s} \quad (3.1)$$

kde: V - množství odsávacího výkonu [m³/h]

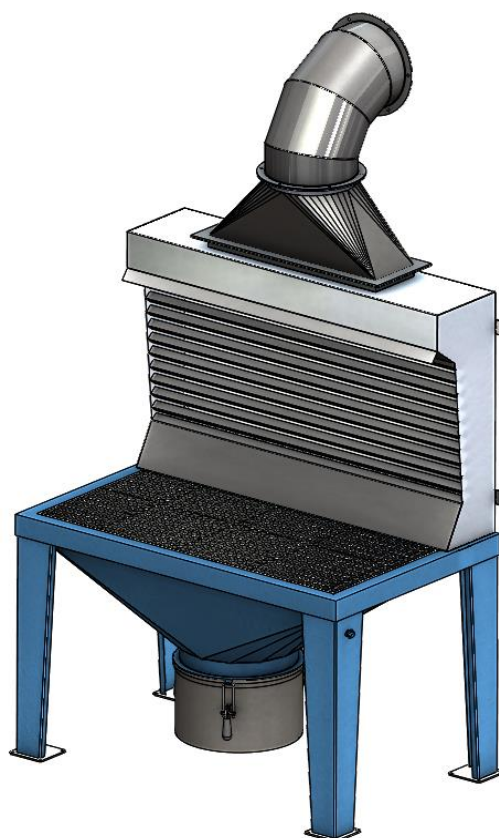
k – konstanta přepočtu jednotek [-]

p štěrbin – počet štěrbin [ks]

d – délka odsávací štěrbin [m]

s – šířka odsávací štěrbin [m]

v_v – vstupní rychlost vzdušiny při odsávání [m/s]



Obr. č. 6 Odsávací stůl pro ruční svařování

Z technické praxe bylo odpozorováno, že v_v (vstupní rychlost vzdušiny při odsávání) musí být 8-10 m/s. Při překročení dané meze dojde ke zvukovému efektu (pískání vzduchu o hrany digestoře), v případě nižší rychlosti, než je daná mez není systém správně dimenzován a není tak dostatečný odsávací výkon. V tomto případě již většinou náprava není možná (je drahá).

Vzorec pro ověření vstupní rychlost sání digestoře, pro výpočet odsávacího stolu o odsávacím výkonu 5 500 m³/h pomocí vzorce (3.1):

$$v_v = \frac{V}{k \cdot p_{\text{štěrbin}} \cdot d \cdot s} = \frac{5\,500}{3\,600 \cdot 10 \cdot 1,296 \cdot 0,012} = 9,823 \text{ m/s}$$

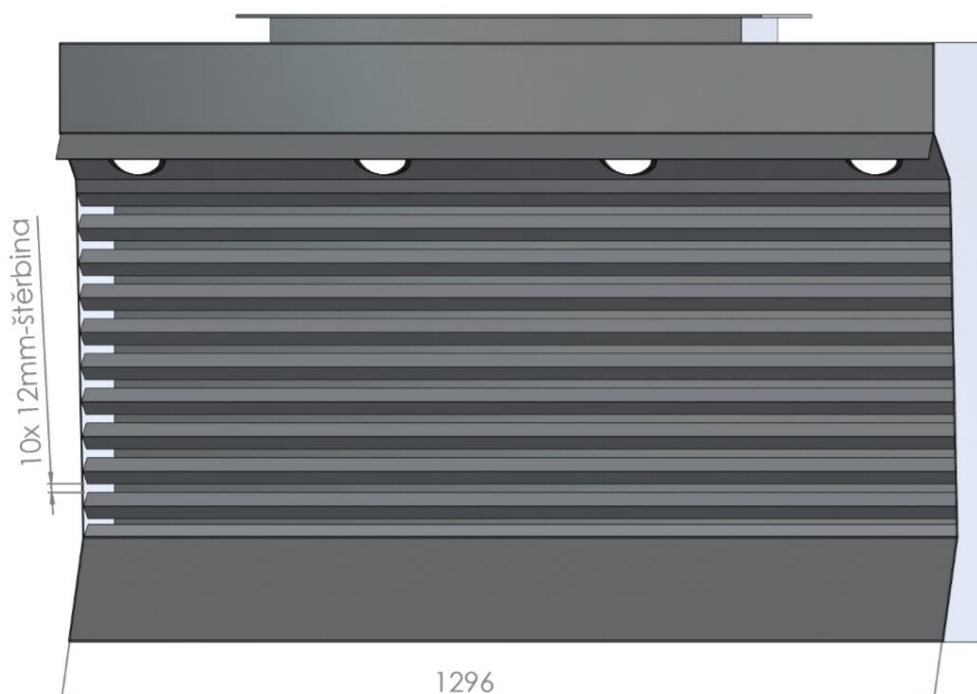
Z výpočtu dle vzorce (3.1) vyplývá, že vypočtená rychlost proudícího vzduchu **splňuje** požadavek potřebné rychlosti proudícího vzduchu, a proto mohou být dané hodnoty použity při návrhu digestoře.

Návrh odsávací digestoře se dále opírá o tabulku objemů odsávané vzdušiny vycházející z podnikového podkladu, jejíž část je uvedena v Tab.1.

Tab. 1 Tabulka objemů odsávané vzdušniný

OBJEM VZDUŠNINY [m ³ /min]							
Ø [mm]	v [m/s]						
	18	19	20	21	22	23	24
80	5	6	6	6	7	7	7
100	8	9	9	10	10	10	11
125	13	14	15	15	16	17	18
150	19	20	21	22	23	24	25
180	27	29	31	32	34	35	37
200	34	36	38	40	41	43	45
225	43	45	48	50	52	55	57
250	53	54	59	62	65	68	71
280	66	70	74	78	81	85	89
300	76	81	85	89	93	97	102
315	84	89	93	98	103	107	112
330	92	97	103	108	113	118	123
355	107	113	119	125	131	137	142

Z technické praxe vychází, že minimální rychlost proudění vzdušniný v potrubí je 20-24 m/s. Tento limit je určen, aby nedocházelo k ulpívání, zanášení potrubních tras a nezvyšovalo se tak riziko zahoření, případně výbuchu. S tímto faktem je uvažováno i při návrhu této digestoře, kdy je při rychlosti 22 m/s odsáváno 91,6 m³/min (5 500 m³/h) potrubím o průměru 300 mm, viz Tab. 1.



Obr. č. 7 Navržená štěrbinová odsávací digestoř pro 5 500 m³/h

Varianty výbavy univerzálních odsávacích stůlů pro ruční svařování

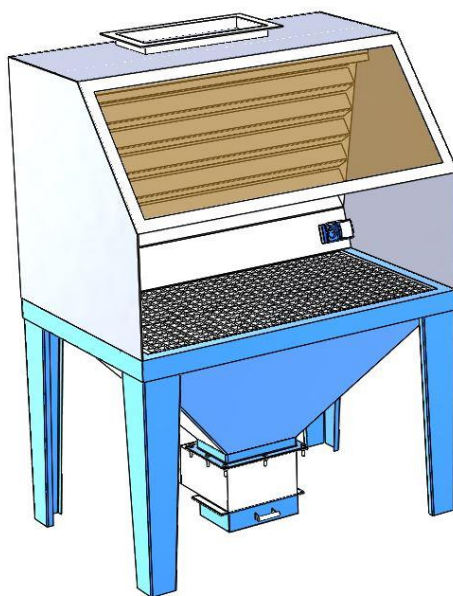
Varianta A



Obr. č. 8 Var.A univerzální odsávací stůl s dřevěným pracovním roštem.

Jediným a hlavním odsávacím místem je čelní šterbinová odsávací digestoř. Tato digestoř je umístěna v čele odsávacího stolu po celé jeho šířce a je osazena několika odsávacími šterbinami. Počet a velikost odsávacích šterbin se liší dle potřebného odsávacího výkonu viz výpočet 3.1. Horní lem této digestoře je osazen stínícím kšilem. Tento prvek má za úkol bránit pracovníka před oslněním vzniklým z osvětlení, které je v něm instalováno. Dalším odsávacím místem by mohla být samotná plocha pracovního stolu, jež tvoří pracovní rošt. Toto spodní odsávání se používá pouze jako doplňkové, pokud je odsávací stůl připojen na centrální odsávací rozvod s dostatečným výkonem

Varianta B



Obr. č. 9 Var. B odsávací stůl pro svařovnu, s čelním zakrytím

Při svařování dílců z některých materiálů může vznikat extrémní množství výparů. Pro tento případ jsou navrženy odsávací stoly viz obr. č. 9, kdy pracovní prostor svařování je vymezen ochrannými plechy, které pracovní prostor uzavírají. Díky tomuto uzavření pracovního prostoru je posílen účinek odsávání a je eliminováno přisávání okolního čistého vzduchu. Pro navýšení univerzálnosti těchto stolů jsou ochranné bočnice doplněny panty, které umožňují jejich demontáž. Na obr. č. 9 je také vymodelována varianta s možností spodního odsávání skrze pracovní rošt.

3.2 B) Univerzální stůl pro broušení

Zadáním od společnosti Eko-Šimko bylo provést výpočet a návrh univerzálního odsávacího, brousícího stolu pro variantu s integrovaným filtrem a odsávacím ventilátorem (viz obr. č.10). Odsávací výkon zadaného stolu má být 2850 m³/h, včetně určení vhodného odsávacího ventilátoru. Výpočet pro tuto variantu stolu:

Vzorec pro ověření vstupní rychlosti sání digestoře:

$$v_v = \frac{V}{k \cdot p_{\text{štěrbin}} \cdot h \cdot s} = 8 - 10 \text{ m/s} \quad (3.2)$$

kde: V - množství odsávacího výkonu [m³/h]

k – konstanta přepočet jednotek [-]

p_{štěrbin} – počet štěrbin [ks]

h – výška odsávací štěrby [m]

s – šířka odsávací štěrby [m]

v_v – vstupní rychlost vzdušiny při odsávání [m/s]



Obr. č. 10 Odsávací stůl pro broušení s integrovaným filtrem

Jak bylo uvedeno již výše, z technické praxe bylo odpozorováno, že v_v (vstupní rychlost vzdušiny při odsávání) musí být 8-10 m/s. Při překročení dané meze dojde k zvukovému efektu (pískání vzduchu o hrany digestoře), v případě nižší rychlosti, než je daná mez, není systém správně dimenzován a není tak dostatečný odsávací výkon. V tomto případě již většinou náprava není možná (je drahá).

Vzorec pro ověření vstupní rychlosti sání digestoře pro výpočet odsávacího stolu o odsávacím výkonu 2 850 m³/h pomocí vzorce (3.2):

$$v_v = \frac{V}{k \cdot p_{\text{štěrbin}} \cdot h \cdot s} = \frac{2850}{3600 \cdot 10 \cdot 0,88 \cdot 0,010} = 8,996 \text{ m/s}$$

Z výpočtu dle vzorce (3.2) vyplývá, že vypočtená rychlost proudícího vzduchu **splňuje** požadavek potřebné rychlosti proudícího vzduchu, a proto mohou být dané hodnoty použity při návrhu digestoře.

Kontrolní zpětné provedení správnosti výpočtu:

$$S_{\text{štěrbiny}} = h \cdot s = 0,88 \cdot 0,010 = 0,0088 \text{ m}^2 \quad (3.3)$$

kde: $S_{\text{štěrbiny}}$ – plocha štěrbiny [m^2]

s – šířka odsávací štěrbiny [m]

h – výška odsávací štěrbiny [m]

$$S_{\text{sání}} = p_{\text{štěrbin}} \cdot S_{\text{štěrbiny}} = 10 \cdot 0,0088 = 0,088 \text{ m}^2 \quad (3.4)$$

kde: $S_{\text{sání}}$ – plocha sání [m^2]

$p_{\text{štěrbin}}$ – počet štěrbin [ks]

$S_{\text{štěrbiny}}$ – plocha štěrbiny [m^2]

$$Q = v \cdot S_{\text{sání}} = (9 \cdot 60) \cdot 0,088 = 47,52 \text{ m}^3/\text{min} = 2\,851,2 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3.5)$$

kde: Q – množství odsávacího výkonu [m^3/h]

v – rychlost sání [m/s]

Kontrolní výpočet odsávacího výkonu z rovnice (3.5) vyšel $2\,851,2 \text{ m}^3/\text{h}$, splňuje tedy zadání s drobnou rezervou odsávacího výkonu vzniklou určením zaokrouhlených hodnot. Pro zpřesnění se v následujících výpočtech bude počítat s touto vypočtenou hodnotou.

Výpočet potřebné filtrační plochy pro odsávací stůl s integrovaným filtrem:

$$S_p = \frac{Q}{z_1} = \frac{47,52}{1,25} = 38,02 \text{ m}^2 \quad (3.6)$$

kde: S_p – celková potřebná filtrační plocha [m^2]

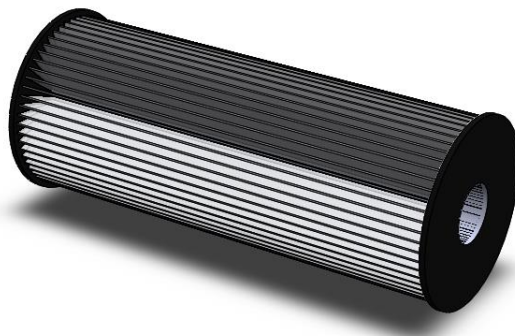
Q – množství odsávacího výkonu [m^3/min]

z_1 – zatížení filtrační plochy pro brusírnou [m/min] – hodnota získána na základě zkušeností společnosti Eko-Šimko

$$K_p = \frac{S_p}{p_p} = \frac{38,02}{19} = 2,001 \rightarrow 2 \text{ ks filtračních patron} \quad (3.7)$$

kde: p_p – plocha standardizované filtrační patrony [m^2]

Z předchozího výpočtu bylo zjištěno, že při standardizované patroně (19 m^2) je potřeba použít dva kusy patron. (dodavatel Rajch s.r.o.)



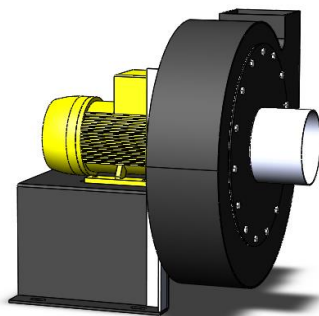
Obr. č. 11 Filtrační patrona

Určení ventilátoru:

Byl zvolen vzduchový ventilátor VF01G, který splňuje požadavky pro dosažení určených parametrů odsávacího stolu. Tento ventilátor je umístěna na čisté straně filtru, výdech tohoto ventilátoru je tedy do venkovního prostředí odsávacího stolu s možností napojení na výdechový potrubní rozvod.

Tab. 2 Parametry ventilátoru

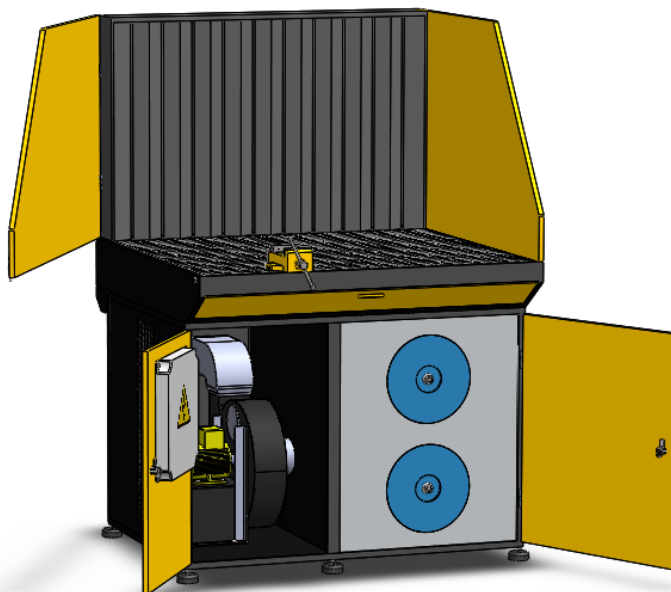
P [kW]	p [Pa]	Q [m ³ /h]
3	1 250	3 000



Obr. č. 12 Ventilátor VF01G

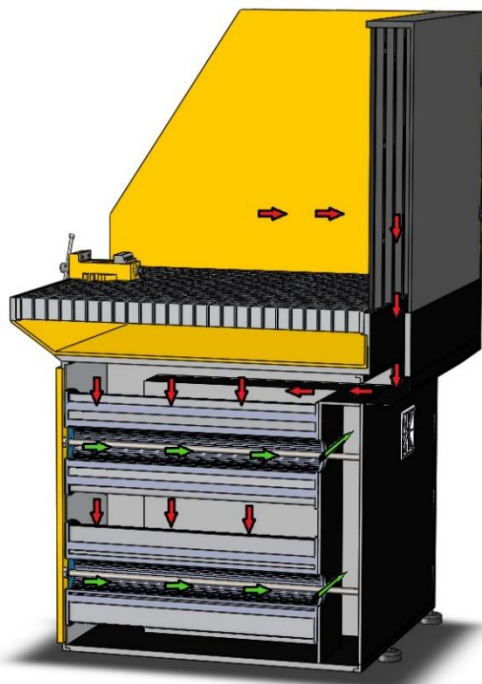
Odsávací stůl pro broušení s integrovaným filtrem

Tento odsávací stůl disponuje vně instalovaným ventilátorem a filtračními patronami, tudíž funguje jako samostatná jednotka a není tak potřeba jej napojovat na systém centrálního odsávání. Díky tomu může být tento typ stolu instalován kamkoli bez ohledu na dostupnost externího zdroje odsávání. Pro zvýšení jeho univerzálnosti je stůl doplněn o bočnice, které nejen uzavírají odsávaný prostor a tím zlepšují odtah prachových částic vznikajících při broušení, ale také brání úletu těchto částic do okolí a tím je chráněna například obsluha vedlejšího stolu. Bočnice jsou manipulovatelné, a tak je možné při zakládání větších dílů (například jeřábem) zvětšit pracovní prostor stolu a tím je usnadněna manipulace s dílem.

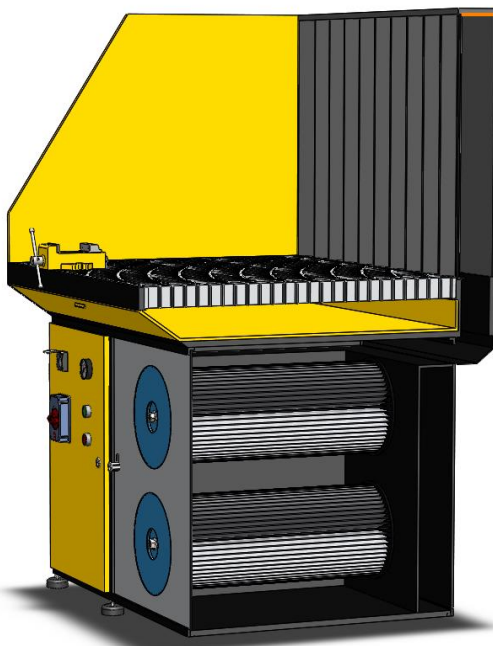


Obr. č. 13 Náhled vybavení odsávacího stolu

Po aktivaci odsávání je vzdušina nasávána přední odsávací štěrbinovou digestoří směrem dolů k filtračním patronám viz (obr. č. 14 Směr proudění vzduchu). Znehodnocená nasátá vzdušina je pomocí vzduchového ventilátoru VF01G, který generuje podtlak 1250 Pa, směřována k filtračním patronám (obr. č. 15 Umístění filtračních patron v komoře). Po průchodu filtračními patronami již dále pokračuje čistý, přefiltrovaný vzduch. Výdech čistého, přefiltrovaného vzduchu je vyveden na zadní straně stolu. Je zde možnost tento výdech napojit na výdechový potrubní rozvod, a tak odvádět čistý vzduch do vnějšího prostředí mimo halu. Těžší částice, jako například části abraziva z brusných kotoučů, které nebyly nasáty, propadnou roštem dolů do šuplíku sloužícího jako sběrná nádoba a ten se dá jednoduše vysunout a vyčistit.



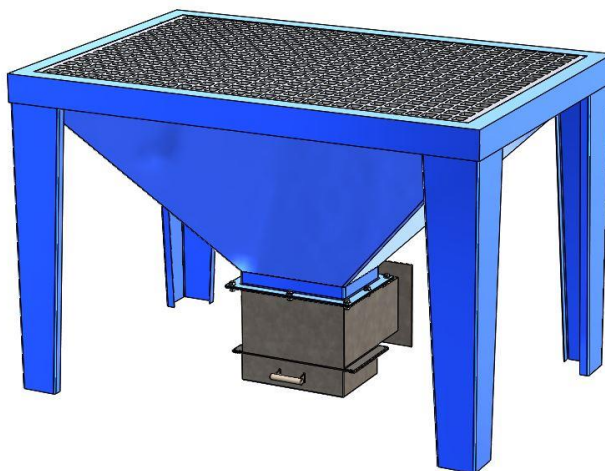
Obr. č. 14 Směr proudění vzduchu



Obr. č. 15 Umístění filtračních patron v komoře

Varianty univerzálních odsávacích stůlů pro ruční broušení

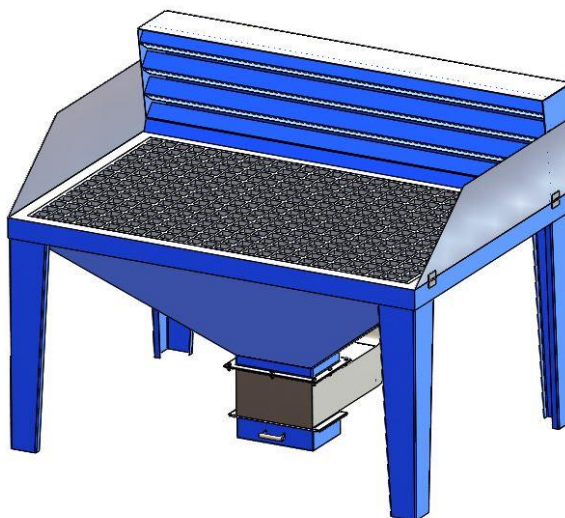
Varianta A



Obr. č. 16 Odsávací stůl pro brusírnu varianta A

Konstrukce odsávacích stůlů pro brusírny bývá zpravidla jednodušší než u provozů svařoven. V některých případech není nutné výrazné ohrazení pracovního prostoru, jelikož nedochází k uvolňování dýmů do okolí. Při odsávání u broušení musí být bráno v potaz uvolněné brusivo z brusných kotoučů, které může být od vzdušiny odloučeno. Odsávací stůl varianta A je tvořena zásobníkem a odsávacím roštem.

Varianta B



Obr. č. 17 Odsávací stůl pro brusírnu varianta B

Odsávací stůl typu B je používán pro odsávání více prášivých materiálů. Obsahuje čelní digestoř, která při stanovení správného odsávacího výkonu pohltí veškerý odsávací prach dříve, než se stihne rozšířit do okolí. Tato čelní digestoř je oproti svařovacím stolům výrazně ponížena, z důvodu soustředění veškerého odsávacího výkonu na spodní část (nad pracovní deskou). Existuje několik variant napojení tohoto stolu k odsávací jednotce, záleží na požadavcích uživatele.

3.3 C) Univerzální stůl pro svařovací/ brousící roboty

Při návrhu odsávacího stolu pro automatizovaného robota, musí být zohledněna efektivita práce robota, která s sebou nese vyšší podíl vznikající vzdušiny za jednotku času oproti člověku. Je tedy nutné zvolit větší množství odsávacího výkonu, tak aby navržený odsávací přípravek dokázal pojmout veškerou znehodnocenou vzdušinu. Výhodou při tomto návrhu ovšem je možnost zanedbat potřebu ochrany zdraví pracovníka, což umožňuje umístění odsávací digestoře nad pracovní stůl (svařovací dým neprochází skrze dýchací zónu pracovníka obsluhy). Zároveň může být odsávací digestoř zakrytována



Obr. č. 18 Odsávací stůl pro svařovací roboty

PVC zástěnami ze všech stran (robot umístěn vně zástěn – není znemožněn pohyb pro obsluhu) a tak vymezit odsávaný prostor a zvýšit účinnost odsávání. Při návrhu tohoto stolu o velikosti 2,0 x 4,7 m rozděleného na dvě jednotlivá pracoviště pro dva samostatné svařovací roboty byl na základě zkušenosti společnosti Eko-Šimko stanoven potřebný odsávací výkon 14 700 m³/h.

Vzorec pro ověření vstupní rychlosti sání jedné digestoře:

$$v_v = \frac{V}{k \cdot p_{\text{štěrbín}} \cdot d \cdot s} = 8 - 10 \text{ m/s} \quad (3.1)$$

kde: V - množství odsávacího výkonu [m³/h]

k – konstanta přepočtu jednotek [-]

p_{štěrbín} – počet štěrbin [ks]

d – délka odsávací štěrbin [m]

s – šířka odsávací štěrbin [m]

v_v – vstupní rychlost vzdušiny při odsávání [m/s]

Vzorec pro ověření vstupní rychlosti sání jedné digestoře, o odsávacím výkonu 7 350 m³/h:

$$v_v = \frac{V}{k \cdot p_{\text{štěrbín}} \cdot d \cdot s} = \frac{7\,350}{3\,600 \cdot 5 \cdot 2,09 \cdot 0,020} = 9,769 \text{ m/s}$$

Z výpočtu dle vzorce (3.1) vyplývá, že vypočtená vstupní rychlost nasávaného vzduchu **splňuje** požadavek na limit 8-10 m/s, a proto mohou být dané hodnoty použity při návrhu digestoře.

Kontrolní zpětné provedení správnosti výpočtu:

$$S_{\text{štěrbiny}} = d \cdot s = 2,09 \cdot 0,020 = 0,0418 \text{ m}^2 \quad (3.8)$$

kde: $S_{\text{štěrbiny}}$ – plocha štěrbiny [m^2]

s – šířka štěrbiny [m]

d – délka štěrbiny [m]

$$S_{\text{sání}} = p_{\text{štěrbin}} \cdot S_{\text{štěrbiny}} = 5 \cdot 0,0418 = 0,209 \text{ m}^2 \quad (3.4)$$

kde: $S_{\text{sání}}$ – plocha sání [m^2]

$p_{\text{štěrbin}}$ – počet štěrbin [ks]

$S_{\text{štěrbiny}}$ – plocha štěrbiny [m^2]

$$Q = v \cdot S_{\text{sání}} = (9,8 \cdot 60) \cdot 0,209 = 122,892 \text{ m}^3/\text{min} = 7373,52 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3.5)$$

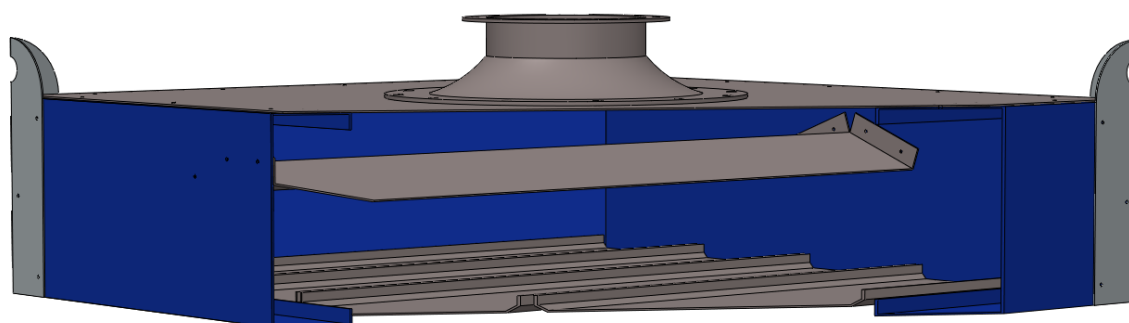
→ jedna digestoř

kde: Q – množství odsávacího výkonu [m^3/h]

v – rychlost sání [m/s]

Kontrolní výpočet odsávacího výkonu z rovnice (3.5) vyšel $7373,52 \text{ m}^3/\text{h}$, splňuje tedy zadání s drobnou rezervou odsávacího výkonu vzniklou určením zaokrouhlených hodnot.

V prvním návrhu tohoto stolu byla navržena jedna velká digestoř nad celý pracovní prostor stolu o výkonu $14\,700 \text{ m}^3/\text{h}$. Po přezkoumání návrhu bylo ovšem jako vhodnější vyhodnoceno užití dvojice symetrických odsávacích digestoří, každá o výkonu $\dot{V} = 7\,350 \text{ m}^3/\text{h}$. Užití dvojice stejných digestoří napomůže správnému rozložení odsávacího výkonu nad pracovní plochy a poníží potřebnou dimenzi odsávacího potrubí. Důležitým prvkem použitých odsávacích štěrbinových digestoří jsou rozrážecí plechy, které mají zásadní vliv na správnou funkci digestoře. Těmito plechy je ovlivňováno proudění nasávané vzdušninu uvnitř digestoře tak, aby nedocházelo k soustředění veškerého odsávacího výkonu na střed odsávací digestoře, ale aby byl odsávací účinek rovnoměrný.



Obr. č. 19 Řez použité odsávací digestoře, vč. rozrážecího plechu

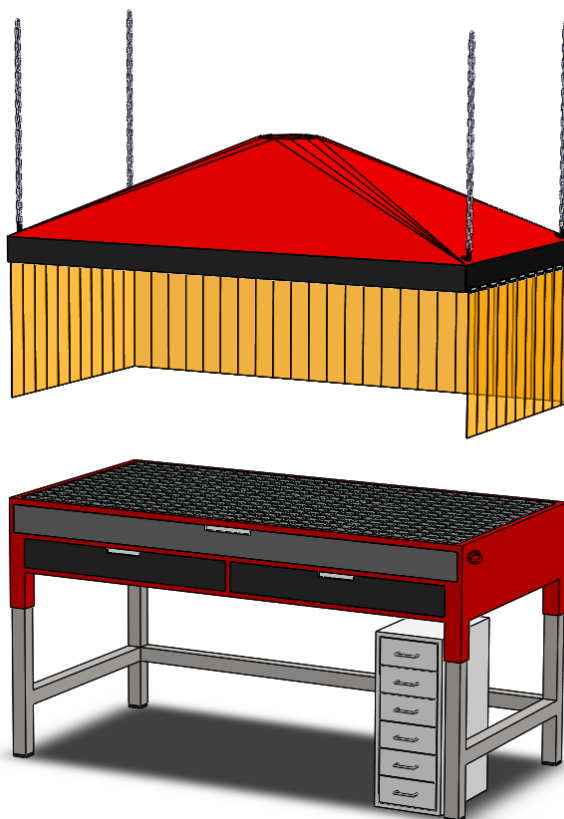
Při návrhu této digestoře, tak jako i při návrhu dimenzí potrubí, či jiných odsávacích přípravků je důležitým podkladem vycházejícím z podnikové normy tabulka vzduchotechniky, jejíž část je uveřejněna v Tab.1.

Tab. 1. Tabulka objemů odsávané vzdušniny

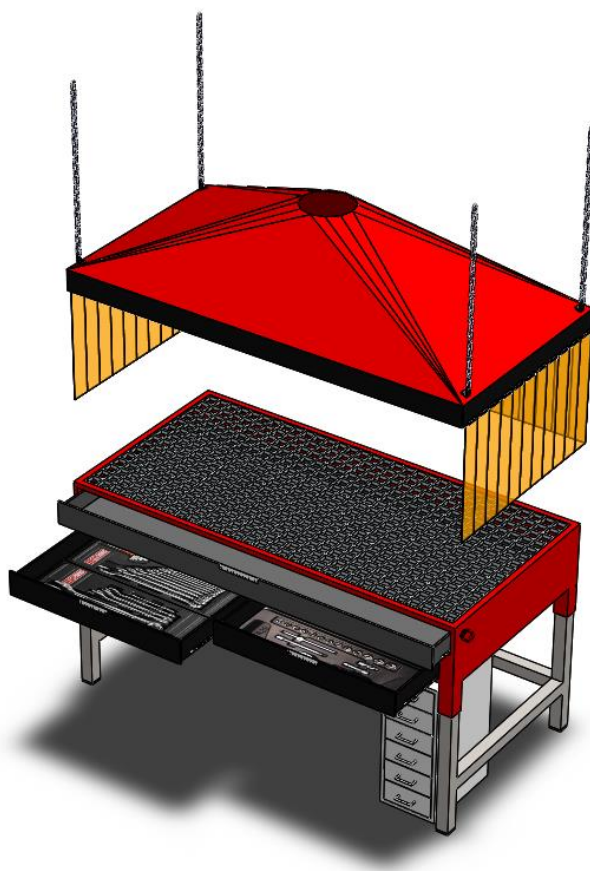
OBJEM VZDUŠNINY [m ³ /min]							
Ø [mm]	v [m/s]						
	18	19	20	21	22	23	24
80	5	6	6	6	7	7	7
100	8	9	9	10	10	10	11
125	13	14	15	15	16	17	18
150	19	20	21	22	23	24	25
180	27	29	31	32	34	35	37
200	34	36	38	40	41	43	45
225	43	45	48	50	52	55	57
250	53	54	59	62	65	68	71
280	66	70	74	78	81	85	89
300	76	81	85	89	93	97	102
315	84	89	93	98	103	107	112
330	92	97	103	108	113	118	123
355	107	113	119	125	131	137	142

Pomocí tabulky jsme ověřili dimenzi odsávacího potrubí pro každou z digestoří. Pro každou z digestoří je určen Průměr napojovacího hrdla 355 mm a to pro rychlost 21m/s.

Varianty univerzálních odsávacích stůlů pro robotické ramena



Obr. č. 20 Odsávací stůl se závěsnou digestoří



Obr. č. 21 Odsávací stůl se závěsnou digestoří 2.

Tato varianta stolu nesplňuje hlavní z požadavků odsávacího systému, protože není zamezeno průchodu nebezpečné vzdušniny skrze dýchací zónu pracovníka. I přesto se s touto variantou odsávacích stolu v praxi setkáváme. Pakliže je tato varianta stolu z nějakého důvodu instalována do provozu, měl by být pracovník obsluhy náležitě vybaven kvalitní svařovací kuklou s přívodem vzduchu.

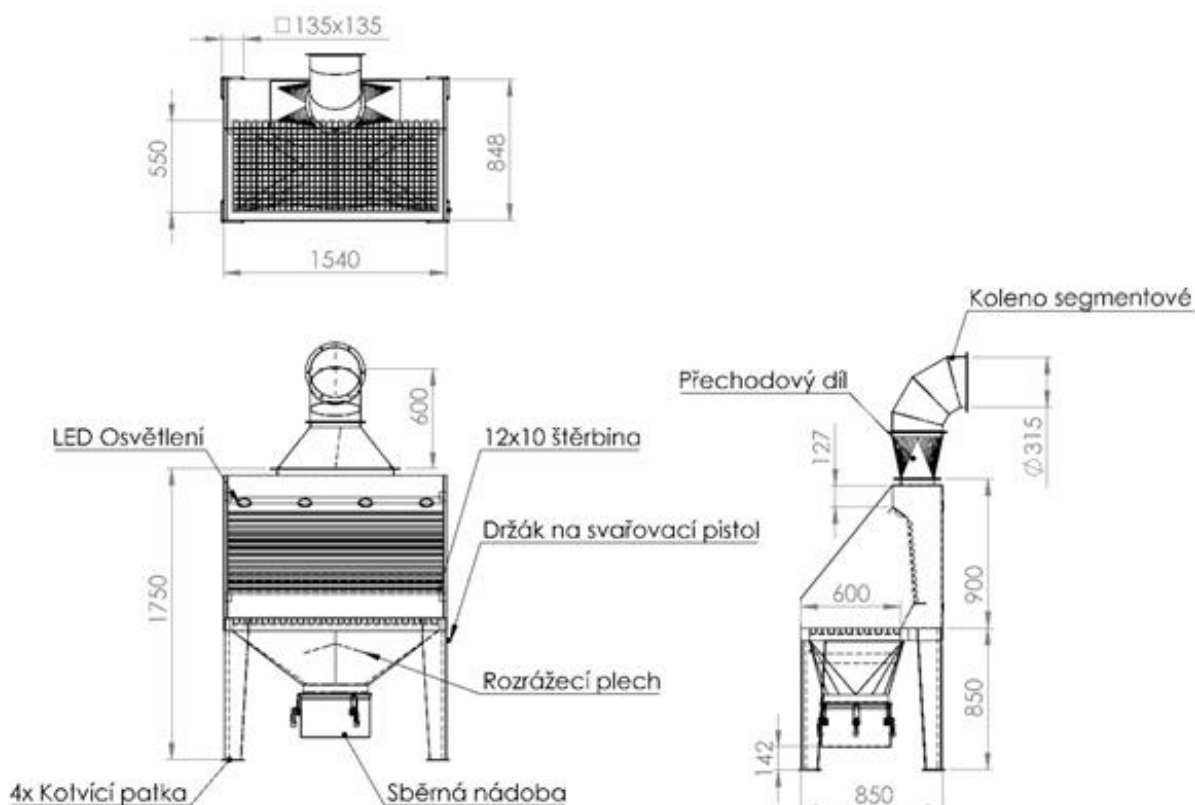
4 KOMPLEXNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ ODSÁVACÍHO STOLU PRO SVAŘOVNU

V rámci této bakalářské práce jsem se ve spolupráci se společností Eko-Šimko podílel na návrhu a následné realizaci dvojice odsávacích stolu do konkrétního provozu svařovny. Pro tento projekt jsem zpracoval výkresovou dokumentaci a 3D vizualizaci návrhu odsávacího stolu, jejíž část pomohla při tvorbě výrobní dokumentace. Stanovil jsem předpokládané výrobní náklady, které jsem následně po realizaci porovnal se skutečnými náklady.

4.1 Dimenzování odsávacího stolu dle odsávaného výkonu

Při první návštěvě místa realizace bylo třeba stanovit potřebný odsávací výkon pro jeden stůl. V průmyslové vzduchotechnice neexistuje žádný spolehlivý způsob určení odsávacího výkonu, tudíž toto stanovení bylo provedeno na základě zkušenosti s obdobnými aplikacemi. V původním stavu se na místě nacházely dva pracovní stoly bez jakéhokoli odsávání, z toho důvodu nebylo možné k určení odsávacího výkonu použít průměr stávajícího potrubí, či jinou využívanou nápovědu. Potřebný odsávací výkon byl tedy dle zkušenosti stanoven na 6 200 m³/h pro jeden stůl. Na základě určení této hodnoty a při vycházení z poznatků této práce (viz kapitola 3.1) byla vytvořena následující výkresová dokumentace (jejíž kompletní podobu lze nalézt v přílohách práce).

Výkresová dokumentace:



Obr. č. 22 Základní rozměry odsávacího stolu

Výpočet pro určení velikosti odsávací digestoře, odsávacího stolu:

Vzorec pro ověření vstupní rychlost sání digestoře:

$$v_v = \frac{V}{k \cdot p_{\text{štěrbín}} \cdot d \cdot s} = 8 - 10 \text{ m/s} \quad (3.1)$$

kde: V - množství odsávacího výkonu [m^3/h]

k – konstanta přepočet jednotek [-]

p štěrbin – počet štěrbin [ks]

d – délka odsávací štěrbin [m]

s – šířka odsávací štěrbin [m]

v_v – vstupní rychlost [m/s]

Výsledná rychlost 8–10 m/s musí být dodržena viz kapitola 3.1

$$v_v = \frac{V}{k \cdot p_{\text{štěrbín}} \cdot d \cdot s} = \frac{6\,200}{3\,600 \cdot 12 \cdot 1,5 \cdot 0,010} = 9,568 \text{ m/s}$$

Po navrhnutí, odladění a odsouhlasení konceptu s investorem byly v rámci projektu prohovoreny možnosti připojení odsávacích stolů k stávajícímu odsávacímu filtračnímu zařízení. Investorovým přáním bylo napojení obou nových odsávacích stolů ke stávajícímu systému, a to i přes nedostatečný odsávací výkon, na který byl upozorněn. Stávající filtrační zařízení disponující dle štítkových hodnot odsávacím výkonem $35\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ mělo dle investora pro připojení nově vzniklých odsávacích míst připraveno rezervu $12\,800 \text{ m}^3/\text{h}$. Po provedení kontrolního přepočtu odsávacích výkonů již připojených strojů byla ovšem zjištěna rezerva pouhých $9\,750 \text{ m}^3/\text{h}$. Tato hodnota v žádném případě nevyhovovala požadavku pro připojení dvojice nových odsávacích stolů, i tak ovšem investorovým přáním bylo připojení do stávajícího systému. Z toho důvodu byla ke každému ze stolů přidána alespoň manuálně uzavíratelná klapka pro regulaci odsávacího výkonu. V případě, že pracovníci na stolech nebudou pracovat v souběhu bude možné uzavřít neaktivní pracoviště klapkou, čímž bude povýšen odsávací výkon aktivního stolu. Pokud bude svařováno na obou stolech současně, nebude odsávací účinek vyhovující ani na jednom z pracovišť. Řešením této situace by bylo napojení stolů k nové filtrační jednotce o dostatečném výkonu, případně eliminace některých stávajících strojů napojených na odsávání centrálního systému.

Kontrolní přepočet odsávacího výkonu stávajícího filtračního zařízení:

$$S_p = \frac{Q}{z_2} = \frac{650}{2,5} = 260 \text{ m}^2 \quad (4.1)$$

kde: S_p – celková potřebná filtrační plocha [m^2]

Q – množství odsávacího výkonu [m^3/min]

z_2 – zatížení filtrační plochy pro svařovnu [m/min] – hodnota získána na základě zkušeností společnosti Eko-Šimko

Štítková hodnota odsávacího výkonu **39 000 m³/h = 650 m³/min**

Štítková hodnota filtrační plochy filtru **260 m²**

Potřebné odsávací výkony pro jednotlivé stroje připojené ke stávajícímu odsávání:

Strojní Pila 2x DN 225 mm	6 240 m ³ /h
Tryskač 1x DN 330 mm	6 210 m ³ /h
Svařovací box digestoř 4x DN 280 mm	16 800 m ³ /h
<u>Rezerva (skutečná)</u>	<u>9 750 m³/h</u>
Celkem	39 000 m³/h

Při předpokladu správnosti štítkových hodnot filtrační jednotky a přepočtu dle vzorce (4.1) s uvažovaným zatížením filtrační plochy pro svařovny 2,5 m/min – uvedené hodnoty odpovídají.

Připojení dvojice nově vzniklých odsávacích stolů pro svařování vyžaduje pro správnou funkci odsávací výkon 12 400 m³/h (á=6 200 m³/h). Rezerva, kterou systém umožnil je pouze 9 750 m³/h. Výsledkem je rozdíl 2 650 m³/h, které schází pro správnou funkci odsávání. Reálný vliv nedostatku odsávacího výkonu má za příčinu vznik proprašování při svařování a tvoření prachových nečistot v okolí svařovacích stolů.

Při návrhu této digestoře, tak jako i při návrhu dimenzí potrubí, či jiných odsávacích přípravků, je důležitým podkladem vycházejícím z podnikové normy tabulka vzduchotechniky, jejíž část je uveřejněna v Tab.1.

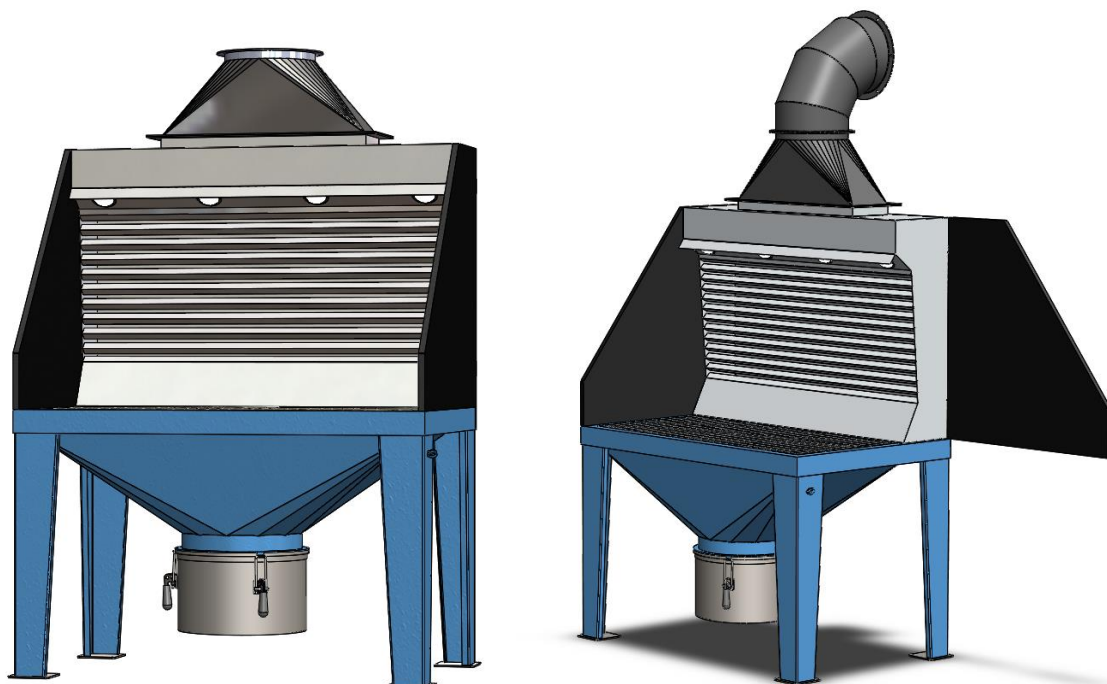
Tab. 1. Tabulka objemů odsávané vzdušniny

OBJEM VZDUŠNINY [m ³ /min]							
Ø [mm]	v [m/s]						
	18	19	20	21	22	23	24
80	5	6	6	6	7	7	7
100	8	9	9	10	10	10	11
125	13	14	15	15	16	17	18
150	19	20	21	22	23	24	25
180	27	29	31	32	34	35	37
200	34	36	38	40	41	43	45
225	43	45	48	50	52	55	57
250	53	54	59	62	65	68	71
280	66	70	74	78	81	85	89
300	76	81	85	89	93	97	102
315	84	89	93	98	103	107	112
330	92	97	103	108	113	118	123
355	107	113	119	125	131	137	142

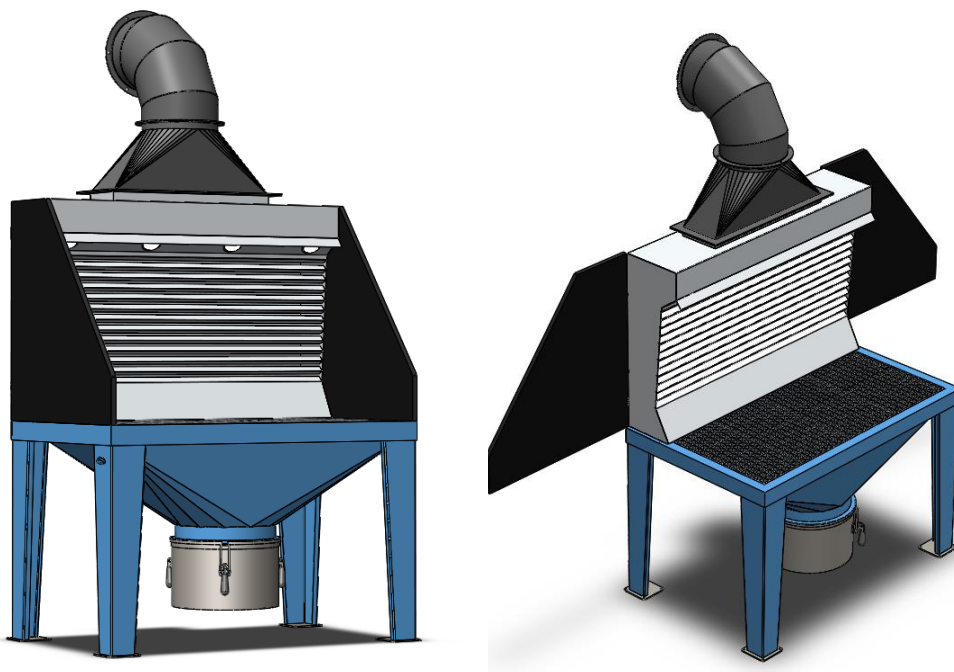
Pomocí tabulky jsme ověřili dimenzi odsávacího potrubí pro každou z digestoří. Pro každou z digestoří je určen Průměr napojovacího hrdla 315 mm a to pro rychlost 22m/s.

4.2 Vizualizace navrhnutého řešení

Na obrázcích uvedených níže je znázorněn navrhnutý odsávací stůl pro ruční svařování.

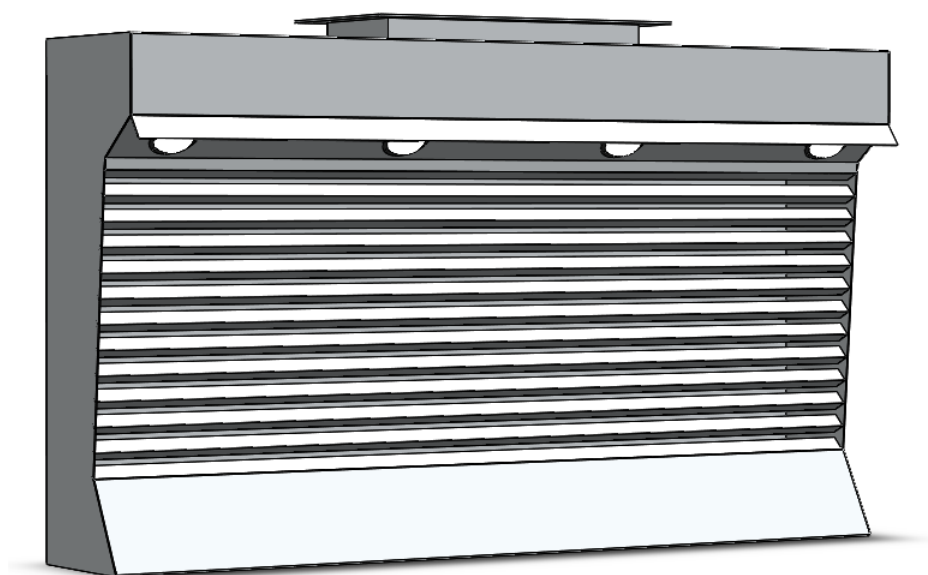


Obr. č. 23 Univerzální odsávací stůl pro ruční svařování s instalovanými polohovatelnými bočnicemi (bočnice jsou instalovány na otočných pantech a je tak možné v případě potřeby svařování rozměrnějšího kusu, jejich odklopení a tím vyřešení speciální situace.)

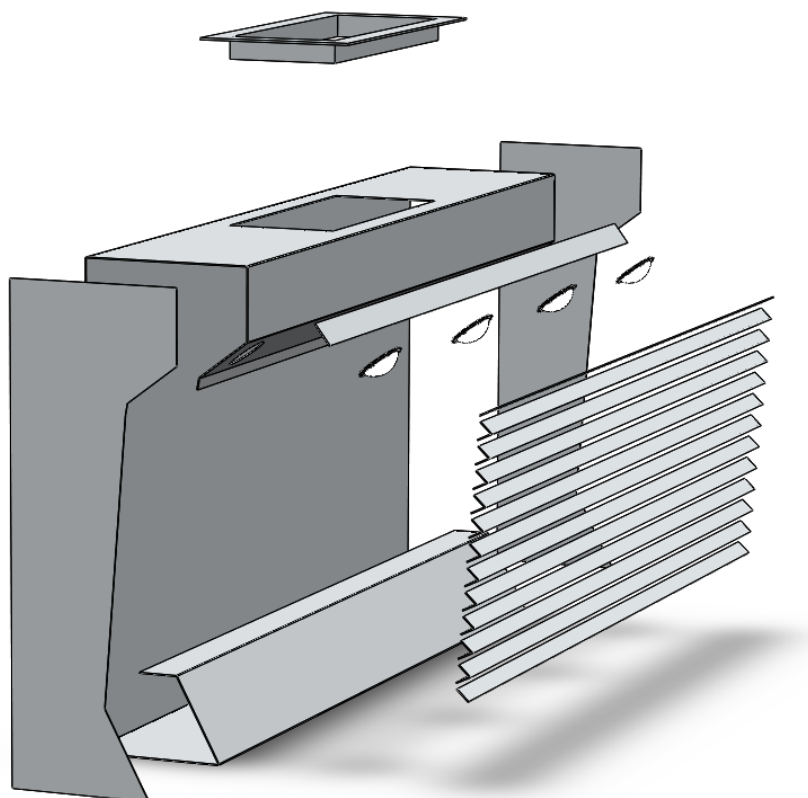


Obr. č. 24 Zobrazení realizovaného odsávacího stolu pro provoz svařovny

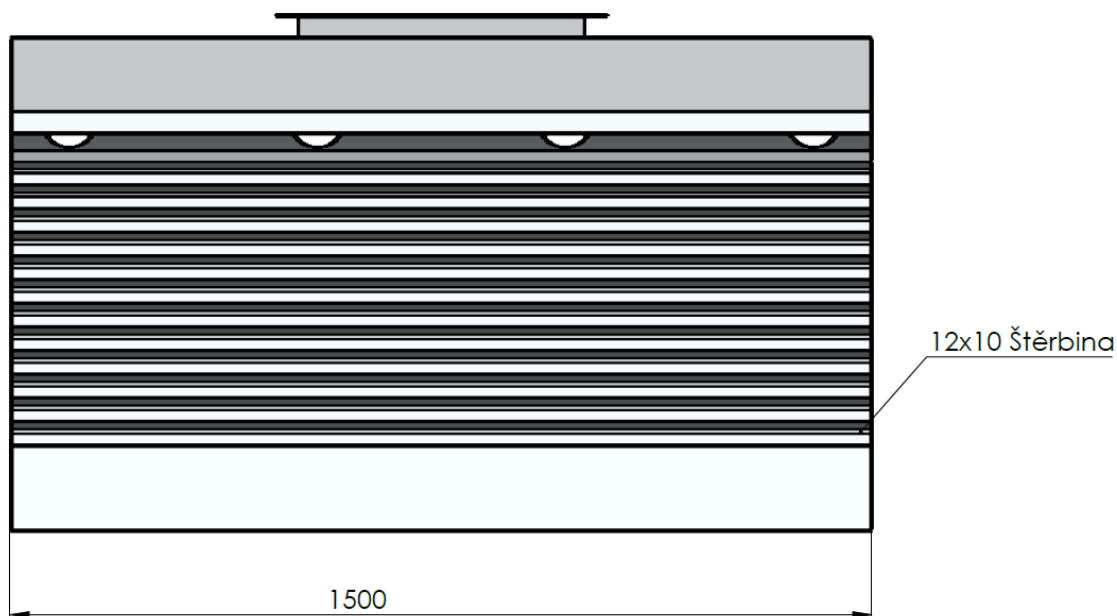
4.2.1 Odsávací digestoř



Obr. č. 25 Odsávací štěrbinová digestoř



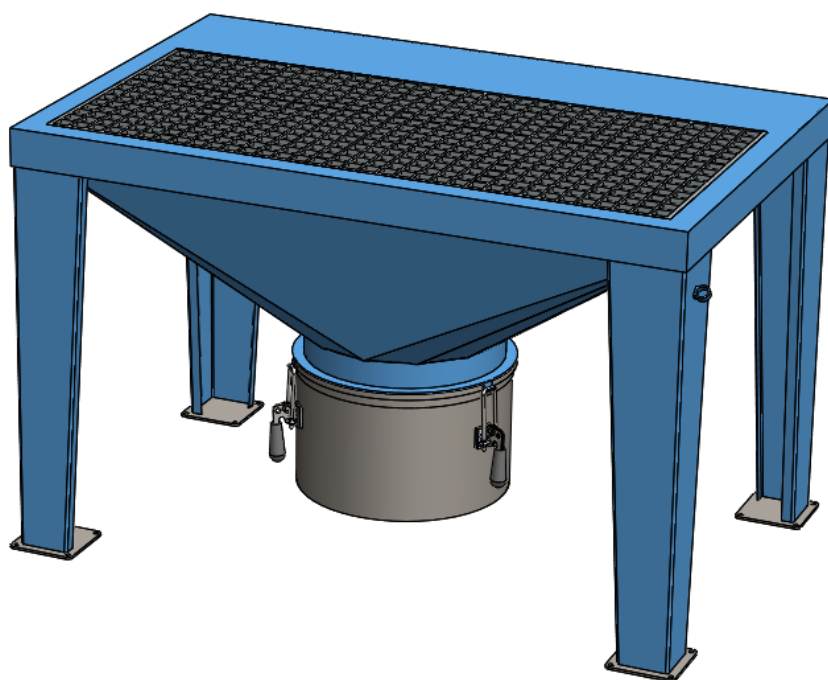
Obr. č. 26 rozložený stav odsávací digestoře



Obr. č. 27 Realizovaná odsávací digestoř

Odsávací digestoř je nejdůležitější konstrukční částí odsávacího stolu. Odsávací digestoře mohou být různých velikostí a tvarů. Základním předpokladem u těchto prvků je vhodné polohování odsávacích štěrbin vůči operátorovi. Počet a rozměry odsávacích štěrbin jsou navrhovány na základě potřebného odsávacího výkonu (viz výpočty uvedené při návrhu digestoří). Na ocelovou konstrukci odsávací digestoře je ve většině případů instalováno také pomocné osvětlení, které zajišťuje lepší viditelnost pro práci.

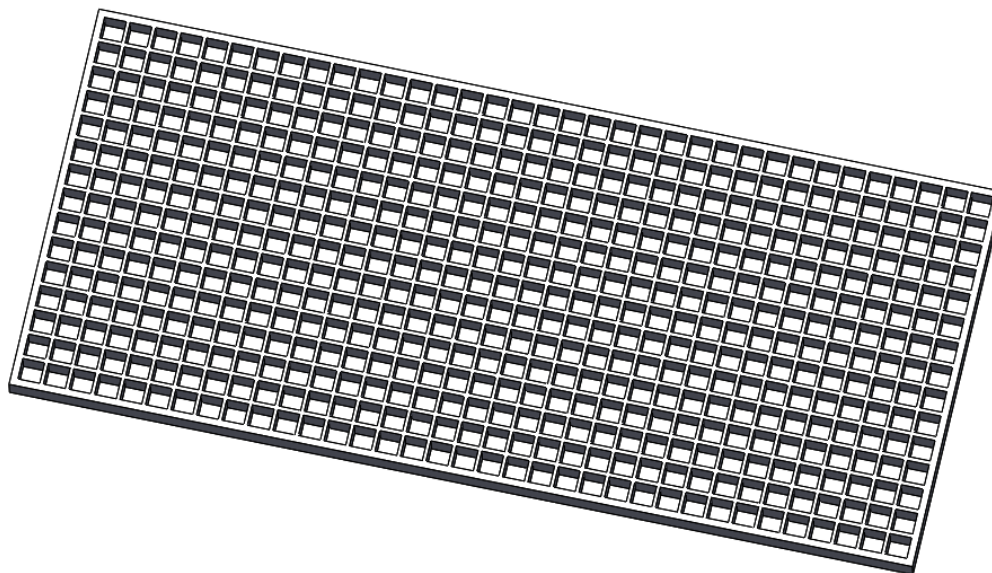
4.2.2 Základna odsávacího stolu



Obr. č. 28 Základna odsávacího stolu vč. kotvících patek sběrné nádoby s rychloupínači, okem pro odkládání svařovací pistole a pracovním roštem

Základna odsávacího stolu s vyspádovaným zásobníkem má nosnou funkci. Tato základna určuje velikost pracovního prostoru odsávacího stolu a může být doplněna několika odsávacími digestořemi. Vyspádaná konstrukce je vybavena rozrážecím plechem. Pracovní deska je tvořena svařovacím roštem, který může být v několika provedeních (například dřevo, ocel, plast).

4.2.3 Pracovní rošt [4]



Obr. č. 29 Pracovní rošt - ocelové vyvedení

Pracovní rošt tvoří pracovní plochu a bývá vyveden z ocelí s úpravou žárovým zinkováním. Příkladem použitého materiálu může být **S235JR**, viz Tab. 3 Vlastnosti materiálu. Materiály tohoto typu se vyznačují zvýšenou životností a tvrdostí. Společnost LICHTGITTER dodává pracovní rošty také v protiskluzové úpravě. Velikost otvorů v roštu je dimenzována podle velikosti svařovaných dílců tak, aby případné malé dílce nepropadaly roštem. Další variantou využívaného materiálu může být dřevo nebo plast.

Tab. 3 Vlastnosti materiálu **S235JR** [4]

Název	Mez kluzu	Mez pevnosti	Tažnost
	R_e [MPa]	R_m [MPa]	A [%]
S235JR	235	360-510	26

5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V kapitole ekonomického zhodnocení byly určeny investiční náklady na výrobu dvojice odsávacích stolů (viz kapitola 4.) pro provoz svařovny.

5.1 Určení nákladů na jeden kus pracovního stolu

Při určování nákladů byl proveden kvalifikovaný odhad skutečné ceny.

Tab. 4 Určení nákladů

Název	Cena
Digestoř	31 000 Kč
Konstrukce odsávacího stolu	37 000 Kč
Rošt	8 000 Kč
Elektro propojení	17 300 Kč
Sběrná nádoba	7 700 Kč
Celkem	101 000 Kč

5.2 Stanovení provozních nákladů modelové výrobní haly

Ve výrobní hale byly ke stávajícímu systému připojeny 2 odsávací stoly, kde cena jednoho stolu činí 101 000 Kč. Dále při realizaci proběhla odborná montáž obou stolů včetně elektro připojení osvětlení. Připojení odsávacích stolů včetně potřebného potrubního rozvodu (připojení ke stávajícímu filtru) bylo realizováno za cenu 27 000 Kč (potrubní propojení SK. I – *jedná se o označení třídy potrubí, kdy se skupiny dělí dle průměru a tlakové odolnosti*). Celková hodnota investice na připojení dvojice odsávacích stolů ke stávajícímu systému činí $(2 \times 101\,000 + 27\,000)$ **229 000 Kč**.

5.3 Celkové zhodnocení investice

Investor požadoval výměnu dvou svařovacích pracovišť za nové pracoviště s integrovaným odsáváním (odsávací stoly). Pro optimální provoz pracovišť byl určen potřebný odsávací výkon $12\,400 \text{ m}^3/\text{h}$ s požadavkem připojení ke stávajícímu systému. Rezerva stávajícího systému ovšem nenabídla potřebný odsávací výkon, a tak funkce odsávání není stoprocentní. Z toho důvodu investici nepovažuji za zcela zdařilou a navrhol bych navýšení odsávacího výkonu na požadovaný.

6 ZÁVĚRY

V této bakalářské práci byly v úvodu popsány příčiny vzniku prachových částic, které vedou k potřebě řešení této problematiky v podobě odsávání. Byla naznačena problematika současné legislativy a předpisů vztahujících se ke zdrojům prášení a počínání si s nimi.

Po představení legislativních rámců se práce dostává k jádru vlastní problematiky, kdy byly představeny možnosti řešení odsávání znehodnocené vzdušniny. Práce se zabývá návrhem odsávacích stolů s důrazem na jejich univerzálnost. Byly zde popsány alternativní metody odsávání, v případě že by nebylo možné použít odsávání pomocí odsávacích stolů.

Návrh odsávacích stolů byl rozdělen do tří hlavních kategorií odsávacích stolů, což vypovídá o tom, že navrhnout jeden univerzální odsávací stůl pro veškeré provozy a jejich podmínky/požadavky není možné. Tři základní kategorie, které byly zvoleny charakterizují provozy a aplikace, ve kterých se s užitím odsávacích stolů lze setkat. Při zpracování odsávacích stolů pro broušení bylo ke konvenčnímu uspořádání odsávacích stolů přidáno řešení s integrovaným filtračním zařízením vně odsávacího stolu.

V praktické části této bakalářské práce byl vytvořen projekt realizace dvojice odsávacích stolů do konkrétního provozu svařovny. Při zpracování tohoto projektu bylo součástí návržení, vypočtení a CAD zpracování odsávacího stolu pro konkrétní hodnotu odsávacího výkonu. Jelikož v původním stavu se na místě nacházely dva pracovní stoly bez jakéhokoli odsávání, byla tak na místě realizace prokazatelně zlepšena ergonomie pracoviště, což bylo jedním z cílů této práce. Dále bylo provedeno ekonomické zhodnocení s výsledkem výše investice 229 000,- Kč za dva odsávací stoly.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Fugitivní emise [online]. [cit. 2017-09-30]. Dostupné z:
<http://detizeme.cz/ochranaovzdusi/legislativa/355-02.pdf>
- [2] Hygiena pracovního prostředí [online]. 2016 [cit. 2017-09-30]. Dostupné z:
http://www.wikiskripta.eu/index.php/Hygiena_pracovn%C3%ADho_prost%C5%99ed%C3%AD
- [3] Podstata broušení [online]. [cit. 2017-09-30]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1241>
- [4] Vlastnosti materiálu [online]. [cit. 2017-09-30]. Dostupné z:
<http://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/nelegovane-konstrukcni-oceli-podle-en-10025/prehled-vlastnosti-oceli-s235jdrive-s235jrg2>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1 Odsávací stůl	9
Obr. č. 2 Instalace podstropního odsávání výrobního podniku F. X. Meiller	13
Obr. č. 3 Detail potrubního rozvodu včetně nasávacích mřížek.....	13
Obr. č. 4 Celkový pohled na odsávací větev ve společnosti F. X. Meiller.....	13
Obr. č. 5 Odsávací rameno připojené na patronový filtr v prostorách společnosti EDP	14
Obr. č. 6 Odsávací stůl pro ruční svařování	16
Obr. č. 7 Navržená šterbinová odsávací digestoř pro 5 500 m ³ /h	17
Obr. č. 8 Var.A univerzální odsávací stůl s dřevěným pracovním roštem.	18
Obr. č. 9 Var. B odsávací stůl pro svařovnu, s čelním zakrytváním	18
Obr. č. 10 Odsávací stůl pro broušení s integrovaným filtrem.....	19
Obr. č. 11 Filtrační patrona.....	20
Obr. č. 12 Ventilátor VF01G	21
Obr. č. 13 Náhled vybavení odsávacího stolu	21
Obr. č. 14 Směr proudění vzduchu	22
Obr. č. 15 Umístění filtračních patron v komoře.....	22
Obr. č. 16 Odsávací stůl pro brusírnu varianta A	23
Obr. č. 17 Odsávací stůl pro brusírnu varianta B	23
Obr. č. 18 Odsávací stůl pro svařovací roboty	24
Obr. č. 19 Řez použité odsávací digestoře, vč. rozrážecího plechu	25
Obr. č. 20 Odsávací stůl se závěsnou digestoří	26
Obr. č. 21 Odsávací stůl se závěsnou digestoří 2.	27
Obr. č. 22 Základní rozměry odsávacího stolu.....	28
Obr. č. 23 Univerzální odsávací stůl pro ruční svařování	31
Obr. č. 24 Zobrazení realizovaného odsávacího stolu pro provoz svařovny.....	31
Obr. č. 25 Odsávací šterbinová digestoř.....	32
Obr. č. 26 rozložený stav odsávací digestoře	32
Obr. č. 27 Realizovaná odsávací digestoř.....	33
Obr. č. 28 Základna odsávacího stolu.....	33
Obr. č. 29 Pracovní rošt - ocelové vyvedení	34

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Tabulka objemů odsávané vzdušniny.....	17
Tab. 2 Parametry ventilátoru	21
Tab. 3 Vlastnosti materiálu S235JR	34
Tab. 4 Určení nákladů	35

SEZNAM VÝKRESŮ

Základní rozměry	BP-01
Odsávací stůl	BP-02